



JOURNAL DE L'AGRO-ÉCOLOGIE

Edition trimestrielle N° 9 / 2020

Edito

Mesdames et Messieurs,

Nous sommes encore une fois ravis de proposer à nos fidèles lectrices/lecteurs le numéro 9 du Journal de l'Agro-écologie qui couvre différents domaines allant de la recherche à la formation, aux enjeux de développement et surtout, par rapport aux numéros précédents, des témoignages d'adoptants montrant des changements de comportements sur les bonnes pratiques agricoles pour la gestion de la fertilité des sols. On connaît depuis longtemps l'importance de la matière organique dans nos sols acides fortement lessivés depuis de longues années. Un sol ferrallitique acide dépourvu de matière organique se compacte à partir des 15 cm limitant la descente des racines des plantes. Sur ces sols acides le fumier est un amendement très utile dont la fonction va bien au-delà de sa composition chimique à savoir sa fonction dans le relèvement du pH et sa fonction dans le complexe argilo-chimique.

Jusqu'à présent, on s'est appuyé sur le fumier de ferme mais avec la forte réduction du troupeau dans les exploitations agricoles, il est impossible de satisfaire les besoins. En effet, les productions de fumier dans les exploitations agricoles (inférieures à 5 t/ha) sont nettement insuffisantes pour satisfaire leur besoin. Comme le fumier ne sera jamais suffisant, la solution c'est les plantes de couverture où nous avons des acquis énormes par rapport aux autres pays. L'engouement des paysans du projet MANITATRA sur le mucuna et le lombricompost est très significatif à cet égard. A noter également l'utilisation du compost liquide avec addition de plantes biocides comme le neem, le faux neem, etc.. pour lutter contre les insectes nuisibles.

L'autre solution complémentaire est l'utilisation des composts et en particulier le lombricompost,

une matière organique de qualité qui s'utilise à des doses dix fois plus faibles que le fumier.

Nous espérons que ce numéro puisse éclairer nos lectrices et lecteurs et attendons des contributions plus importantes au numéro suivant.

Bonne lecture !



RAKOTONDRAMANANA
Directeur de publication

Les analyses et conclusions de ce journal sont formulées sous la responsabilité de leurs auteurs. Elles ne reflètent pas nécessairement les points de vue du GSDM.

Au sommaire

L'AGRO-ÉCOLOGIE AU NIVEAU NATIONAL [P2][P12]

RECHERCHES [P13][P25]

DOSSIER [P26][P38]

SUCCESS STORIES [P38] [P39]

ACTUALITES [P40]

AGRO-ÉCOLOGIE EN PHOTO [P41]

CALENDRIER / DIVERS CONTACTS [P42]



Production et acquisition de fumure organique pour la gestion de la fertilité des sols par les exploitations agricoles du Moyen-Ouest de la région Vakinankaratra et de la zone Est de la région d'Itasy, Madagascar

RAZAFIMAHATRATRA Hanitriniaina Mamy (FOFIFA), BÉLIÈRES Jean-François (CIRAD/ART-Dev et FOFIFA), RAHARIMALALA Sitrakiniaina (FOFIFA/ESSA), RANDRIAMIHARY FETRA SAROBIDY Eddy Josephson (FOFIFA/ESSA), AUTFRAY Patrice (CIRAD/AIDA), RAZANAKOTO Onjaherilanto Rakotovao (ESSA), RAHARISON Tahina (GSDM/Montpellier SUPAGRO)



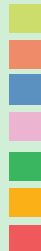
1. Introduction

Dans le n°8 du Journal de l'Agroécologie, un article présentait la diversité et l'importance des pratiques de gestion de la fertilité des sols à partir des résultats obtenus dans le cadre du projet de recherche SECuRE (Soil ECological function REstoration to enhance agrosystem services in rainfed rice cropping systems in agroecological transition), financé par la fondation Agropolis. Les aspects concernant la fumure organique n'avaient été qu'effleurés ; ils sont traités dans cet article qui présente les résultats obtenus sur les mêmes exploitations agricoles familiales (EAF) du Moyen-Ouest de la région Vakinankaratra et de la zone Est de la région d'Itasy. Pour plus d'informations sur le projet Secure et sur les aspects matériels et méthodes, le lecteur est invité à consulter le n°8 de JAE et le site du projet (<https://www.secure.mg/le-projet-secure>). Il faut rappeler que les résultats présentés sont représentatifs des fokontany dans les zones d'étude, car l'échantillonnage des EAF a été fait par tirage au sort.

Les fertilisants organiques produits par les EAF des zones d'étude sont divers. Les fumiers sont les plus importants en lien avec les animaux de l'exploitation (bovins, porcs, volailles, lapins),

le système d'élevage et les techniques de production. En plus de ces fumiers utilisés purs ou mélangés, il existe des « composts » traditionnels fabriqués avec les ordures ménagères, des cendres, et/ou autres matières organiques ajoutées (ces fumures sont appelées zezi-pako et zezi-davenona) et aussi des composts dont la production suit les techniques diffusées dans le cadre de programmes de développement. Les EAF peuvent également avoir recours au marché de la fumure organique pour augmenter la disponibilité (acheter ou éventuellement échanger) mais aussi pour vendre.

La production et l'acquisition de fumures organiques sont caractérisées ici dans leur diversité. L'analyse des pratiques montre les logiques suivies par les EAF. La variabilité observée est forte, notamment en terme de quantités disponibles, qui suggère une gamme de propositions adaptées de la part de la recherche et du développement, pour améliorer ces pratiques qui sont la clef de voute de la gestion de la fertilité des sols et de la durabilité des systèmes de culture.



2. La fumure organique produite dans Les EAF

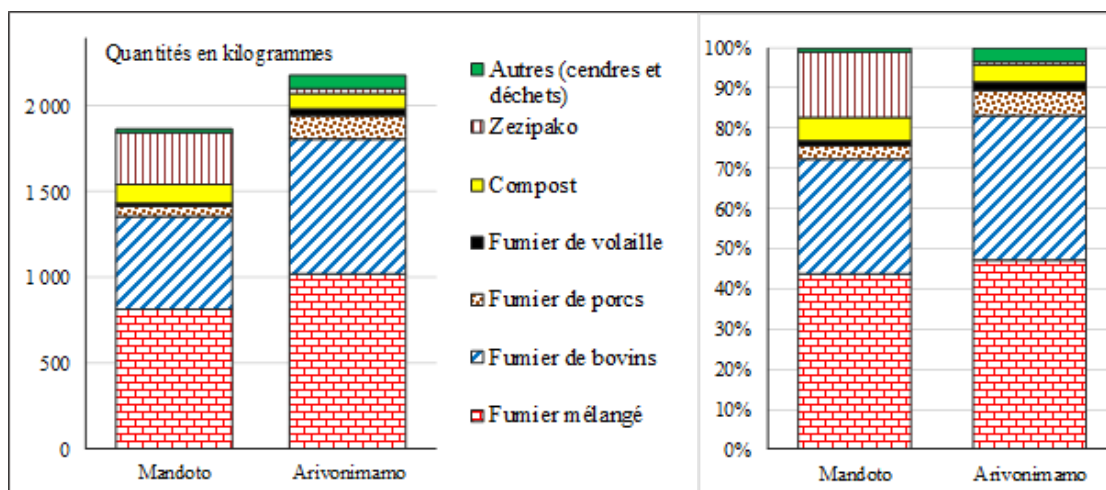
La production de fumure organique (FO) a été évaluée¹ pour l'année enquêtée (2016). Toutes les EAF en ont produit sauf trois (moins de 1%) qui n'ont pas élevé d'animaux² durant toute l'année et qui n'ont pas valorisé leurs ordures ménagères sous forme de compost.

2.1. Quantités et composition

Parmi les types de FO (Figure 1), on note l'importance du fumier mélangé : les exploitations qui ont plusieurs espèces d'animaux d'élevage mélangent souvent les déjections qui fermentent ensemble dans le parc à bœuf ou pendant leur stockage dans une fosse ou simplement en tas. Souvent, les exploitants y ajoutent les déchets ménagers, des cendres et dans certains cas d'autres résidus de culture ou déchets (voir infra). C'est donc un produit fertilisant dont la composition et la qualité varient fortement d'une EAF à une autre.

La production moyenne annuelle de FO par EAF (Figure 1) est plus importante dans la zone d'Arivonimamo (2,17 tonnes) que dans le Moyen Ouest du Vakinankaratra (1,87 tonnes). Les constituants principaux sont le fumier mélangé et le fumier de bovins qui à eux deux représentent 72% de la FO totale à Mandoto et 83% à Arivonimamo. L'écart entre les deux moyennes n'est pas très élevé mais il est significatif et la différence s'explique d'abord par un nombre d'animaux d'élevage en moyenne plus important dans la zone d'Arivonimamo (1,8 bovins et 7 porcs par EAF), que dans la zone de Mandoto (1,4 bovins et 2,3 porcs). Il existe une relation linéaire positive entre le nombre moyen de bovins ou la valeur du cheptel dans l'EAF et la quantité de FO produite (coefficients de corrélations respectivement de 0,57 et 0,62 signification à 0,01).

Figure 1 : Composition de la quantité moyenne de fumure organique produite par EAF selon les zones



1 On notera que cette évaluation a été faite sur la base des déclarations des exploitants agricoles avec les unités traditionnelles que sont la charrette, le sac, la soubique (panier), etc. Les équivalences utilisées sont les suivantes : 250 kg/charrette (en référence à Saint André et al, 2016), 30 kg/sac et 10 kg/soubique. Ainsi, les résultats présentés sont des ordres de grandeur, même si les chiffres semblent indiquer une certaine précision et si la taille conséquente de l'échantillon fait que les approximations se compensent.

2 Comme pour la production de FO, l'élevage est la norme puisque seules 1 % des EAF n'ont pas élevé d'animaux l'année de l'enquête. On notera que le fait de ne pas avoir d'animal à un moment donné, ne signifie pas que l'exploitation ne pratique pas l'élevage, l'absence d'animal est le plus souvent conjoncturelle et un indicateur de difficultés économiques.



Au-delà des différences de quantité, on note l'importance du compost traditionnel (zezi-pako) à Mandoto avec 16% de la FO alors qu'à Arivonimamo il ne représente que 1 %. Le zezi-pako est constitué essentiellement à partir des ordures domestiques et de végétaux récoltés sur ou en dehors de l'EAF (Ravonjariason et al, 2018). Il est réputé ne pas contenir de déjection animale (même si selon les déclarations 60% des EAF en ajoute voir infra) ; et s'il en contient, c'est en faible quantité. Il peut être brûlé, surtout s'il contient beaucoup de végétaux peu dégradés. Le zezi-pako est utilisé plutôt par les petites exploitations ; les grandes exploitations préférant produire du compost. Les quantités de composts « modernes » ne sont pas significativement différentes entre les zones.

2.2. Les produits apportés dans le fumier et le compost

Les produits apportés pour la fabrication du fumier et du compost ont des effets sur la qualité fertilisante finale des produits. Comme l'indique le Tableau 1, les EAF apportent des produits divers, cette pratique permet d'augmenter le volume de fumier produit (Alvarez S., 2012., Rasolofo L. I., 2017), mais aussi de produire des fumures de composition variable par rapport aux caractéristiques reconnues (Ravonjariason et al, 2018).

L'apport des déjections animales est bien sûr fonction des animaux sur l'EAF, mais aussi pour les composts (et en particulier pour le zezi-pako) des déjections de zébus ramassées sur les chemins ou parcours empruntés par des animaux qui appartiennent à d'autres EAF ; les exploitants connaissent l'importance des déjections animales pour la fumure des cultures et les plus pauvres avec très peu d'animaux, ramassent des déjections « perdues ». Ainsi, 60% des EAF qui produisent du compost ajoutent dans celui-ci des déjections animales.

D'une manière générale, les EAF ajoutent de nombreux produits dans la fabrication du fumier, autant, si ce n'est plus, en fréquence que pour

le compost. Pour les pailles et balles de riz la priorité semble être donnée au fumier même si la fréquence reste élevée pour le compost. Les EAF pratiquent avec un fort pourcentage le recyclage des résidus de cultures (paille de riz, balles de riz, autres résidus de culture). Près des deux tiers des EAF ajoutent du "bozaka"¹ et une EAF sur deux qui produit du compost ajoute des feuilles d'arbres.

Tableau 1 : Principaux produits apportés pour la fabrication des fumiers ou des composts (en % des EAF)

Produits apportés	Fumier (EAF=304)	Compost (EAF=122)
Déjection de bovins	70%	60%
Déjection de porcs	73%	
Déjection de volailles	84%	
Déjection autres animaux	1%	
Paille de riz	72%	60%
Balles de riz	51%	33%
Résidus autres cultures	43%	39%
Bozaka	68%	60%
Autres "herbes"	17%	9%
Feuille d'arbres	13%	50%
Déchets ménagers	36%	54%
Cendres	46%	57%
Terre fertile / Terreau	3%	12%
Sels	4%	9%
Vers	0%	2%
Autres produits	4%	7%

¹ Nom générique pour désigner les « herbes » et plus particulièrement les graminées qui couvrent pentes et sommets des collines (Andropogon eucomus, Aristida adscensionis, etc.), (source : dictionnaire malgache <http://motmalgache.org/bins/teny2>). Le bozaka peut avoir été coupé ou arraché, dans ce cas il comprend les racines et un peu de terre.





Ces produits bozaka, feuilles d'arbres, autres herbes sont pour la plupart des produits de cueillette et participent à une « gestion horizontale de la fertilité » avec un transfert d'éléments fertilisants prélevés sur d'autres parties du terroir et ramenés sur les parcelles cultivées (Rollin, 1994, Andriambelomanga, 2017) amplifiant le même transfert réalisé par les animaux (pâturages ou parcours, fumier, cultures). Les autres produits utilisés, notamment par les EAF qui produisent du compost sont les cendres, le terreau, mais aussi du sel acheté et d'autres produits comme de la dolomie, de la sciure de bois, etc.

2.3. Les motivations pour la production du compost

La production de compost est l'une des techniques vulgarisées pour augmenter les quantités de matières fertilisantes encouragées par les ONG faisant la promotion de l'agroécologie. Les résultats de l'enquête montrent que la moitié des EAF à Mandoto et 30% des EAF à Arivonimamo ont déjà cette pratique.

Tableau 2 : Part des EAF qui produisent du compost

	Mandoto	Arivonimamo
Compost "moderne"	9%	12%
Compost traditionnel	41%	18%
Total avec compost	50%	30%

A Mandoto, ce sont les pratiques traditionnelles de production de "zezi-pako" qui dominent très largement. On notera que si le total n'est que de 50% c'est que quelques EAF, rares toutefois, font les deux types de compost. A Arivonimamo, certainement en raison des programmes de développement qui ont vulgarisé la technique, la part des EAF avec compost « moderne » est un peu plus élevée, mais le compost traditionnel

est moins répandu. On pourrait penser que le fumier se substitue au compost, c'est-à-dire qu'une EAF qui produit du fumier abandonne la production de compost, car, comme mentionné précédemment, les EAF apportent en grande partie les mêmes constituants aux deux types de fumure organique. En fait, il n'en est rien : 55% des EAF qui produisent du compost à Mandoto ont du fumier, et à Arivonimamo ce taux est de 82%.

La raison principale pour laquelle les EAF produisent du compost c'est d'abord pour augmenter la quantité disponible de fertilisants (34% des EAF qui ont répondu) ou bénéficier des effets en augmentant la production (11%) et en améliorant la fertilité des sols (9%). On note tout de même que 25% des EAF ont répondu que c'était parce qu'elles n'avaient pas de fumier (et le taux est plus élevé à Mandoto). Enfin, 9% des EAF ont évoqué le coût moindre du compost par rapport aux autres fertilisants, et 12% ont donné des raisons que l'on peut rattacher à une meilleure agronomie : le zezi-pako est meilleur que le fumier car brûlé il ne transmet pas les maladies ou les graines de mauvaises herbes, la cendre du zezi-pako a de nombreux avantages (notamment dans la lutte contre les ravageurs sur les pépinières), le compost est meilleur que les engrais pour les sols, etc.

Pour les EAF qui produisent du compost, les contraintes principales sont pour 38% des EAF qui ont répondu, le temps de travail nécessaire (notamment pour ramasser les feuilles d'arbres, le bozaka, etc.) et pour 35% des EAF la disponibilité en matières premières. On notera que pour 12% des EAF il n'y a pas de véritable limite à la production de compost. Enfin, pour les 16% d'EAF restantes, ces limites sont diverses : l'eau pour l'arrosage du compost (5%), mais aussi la trésorerie pour acheter le bozaka ou payer la main d'œuvre pour ramasser des matières premières, le risque d'incendie, etc.



2.4. Une production de FO très variable selon les EAF

Malgré les apports sur le fumier et la production de compost, la quantité moyenne de fumure organique produite par EAF est faible en valeur absolue et surtout, comme indiqué précédemment, on observe une grande diversité de situation entre les EAF avec un coefficient de variation de l'ordre de 90% dans les deux zones. Les graphiques de la Figure 4 (voir infra, la FO produite est en bleu) illustrent cette grande variabilité avec des profils différents selon les zones.

Dans la zone de Mandoto, comme déjà indiqué il y a une forte proportion d'EAF avec peu de fumure organique produite (plus de la moitié des EAF produisent moins de 1,5 tonnes) en raison du faible nombre d'animaux et d'une production de compost qui reste peu importante. Et ces EAF produisent environ $\frac{1}{4}$ de la fumure totale produite dans le terroir.

Dans la zone d'Arivonimamo, la part des EAF avec moins de 1,5 tonnes est légèrement moindre (48%) mais la FO produite pour l'ensemble de ces EAF n'est que de 14%. Donc un peu moins d'EAF mais une quantité de FO produite très faible. On peut mettre cette différence entre les deux zones au crédit de la production de compost traditionnel : les EAF sans animaux sont plus importantes à Mandoto, mais ces EAF, pour compenser, produisent du zezi-pako et en final sont moins démunies que les EAF d'Arivonimamo. A l'autre extrémité des graphiques, la part des EAF avec plus de 5 tonnes est faible à Mandoto, à peine 4% des EAF et qui cumulent 6% de la FO produite totale. Dans la zone d'Arivonimamo, la part de ces EAF est nettement plus importante (9%) et surtout elles cumulent 29% de la FO. Si on regroupe les deux dernières classes, la part des EAF avec plus de 3 tonnes à Arivonimamo est de 25% et ces EAF cumulent 58% de la FO ; à Mandoto elles sont 17% et cumulent 43% de la FO totale dans le terroir. Ainsi, si à Arivonimamo la production de FO moyenne par EAF est

supérieure, les inégalités entre les EAF sont aussi plus importantes.

3. La fumure organique disponible par EAF

La fumure organique disponible dans une EAF est en lien avec les animaux d'élevage et les fumiers produits, la fabrication de composts mais aussi des échanges.

3.1. Les échanges de fumure organique

Sur les Hautes Terres, les échanges de fumures organiques sont fréquents, que ces échanges soient marchands (achat, vente) ou non (troc ou don).

Tableau 4 : Part des EAF qui échangent de la FO

Opération sur FO	Mandoto	Arivonimamo
Ensemble	60%	88%
- dont Achat	30%	74%
- dont Vente	18%	19%
- dont Troc	22%	24%

Comme le montre le Tableau 4, c'est une large majorité des EAF qui échangent de la fumure organique. A Arivonimamo, la pratique est presque généralisée avec 88% des EAF qui sont concernées par au moins une opération d'entrée ou de sortie de FO.

Si les opérations d'échanges non monétarisés (troc ou don) et les ventes concernent à peu près le même pourcentage d'EAF dans les deux zones, la différence est forte en ce qui concerne les achats, puisque à Arivonimamo ce sont presque 3 EAF sur 4 qui achètent de la FO. Dans cette zone où les productions maraîchères sont importantes, les EAF sont à la recherche de fumure organique en termes de quantités pour augmenter le disponible mais aussi de qualité (fumiers de porcs ou de volailles).





Pour les échanges sous forme de troc, la fumure organique est échangée contre du travail (travail manuel ou prestation par exemple labour ou transport), contre de la paille de riz ou autres matière organique (certainement pour produire du fumier), des semences (de riz ou maïs), etc. Les dons sont faits aux membres de la famille (le plus souvent des parents vers les enfants), mais aussi au métayer, voire à des voisins moins bien dotés. Il y a donc un marché de la fumure organique entre EAF d'une zone donnée, mais aussi avec des EAF ou d'autres détenteurs dans des zones plus éloignées. Ainsi, à Arivonimamo quelques EAF ont pu acquérir des déchets urbains, et beaucoup ont acheté du fumier en provenance d'élevages spécialisés.

Tableau 5 : Prix moyen en Ariary d'une charrette de fumure organique

		Mandoto		Arivonimamo
	Nbre	PU moyen	Nbre	PU moyen
Fumier de zébu	179	5 809	225	16 158
Fumier mélangé	49	4 837	88	13 286
Fumier de porc	5	36 000	115	41 137
Fumier de volaille	3	25 000	80	49 283
Compost			8	18 333
Zezi-pako	29	4 500		

Les prix pour une charrette¹ sont très différents entre les deux zones. Et on peut penser qu'à Arivonimamo, le marché de la fumure organique est « tendu » avec une forte demande et peu de fumure localement commercialisée pour y répondre. Cette situation a des conséquences sur les prix avec, comme l'indique le Tableau 5, des prix très élevés à Arivonimamo, environ 3 fois plus élevés qu'à Mandoto. Ces prix ont été calculés à partir des déclarations de vente ou d'achat par les producteurs. L'effectif (Nbre) est le nombre de charrettes sur lequel a été calculé le prix moyen. La part des achats est bien sûr beaucoup plus élevée, et le plus souvent ce prix inclut le transport ce qui n'est pas un élément négligeable notamment à Arivonimamo, où la fumure provient d'élevages relativement éloignés. La charrette de fumier de porc ou de volaille est nettement plus chère que le fumier de zébus ou de fumier mélangé. Mais ce sont ces deux types de fumier qui sont les plus commercés en quantité.

On notera que le pourcentage des EAF qui achètent est nettement supérieur à celui des EAF qui vendent. Les échanges pourraient s'équilibrer au niveau du territoire (le fokontany) par les quantités avec des EAF qui vendraient de grandes quantités et des EAF qui achèteraient de petites quantités. En fait, dans notre échantillon (tiré au sort et donc avec autant de chances de tirer un vendeur qu'un acheteur), les échanges ne s'équilibrent pas et les quantités vendues ne représentent que 38% des quantités achetées à Mandoto et seulement 22% à Arivonimamo. Ainsi, globalement les EAF achètent des fumures organiques à des exploitations agricoles d'autres fokontany et ceci est particulièrement répandu à Arivonimamo, avec des EAF qui achètent aux élevages de poulets de chair, de poules pondeuses ou de porcs proches de la ville d'Imerintsiasosika.

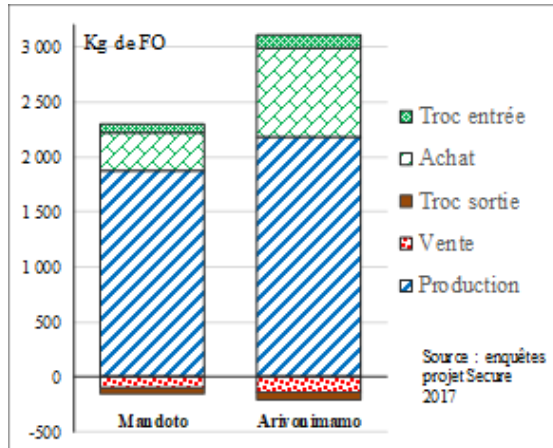
¹ Aucune information n'a été collectée sur le poids des charrettes, car le travail aurait été trop lourd à réaliser. Ce poids dépend du niveau de remplissage mais aussi et beaucoup de la qualité de la fumure organique. Comme déjà indiqué, pour faire les conversions nous avons utilisé le poids de 250 kg par charrette pour couvrir tous les types de fumure et éviter les surestimations. Certains pourront considérer ce poids comme sous-estimé.





Figure 2 : Evolution de la fumure moyenne produite par EAF

La fumure produite dans une EAF n'est pas la fumure disponible, celle-ci évolue en fonction



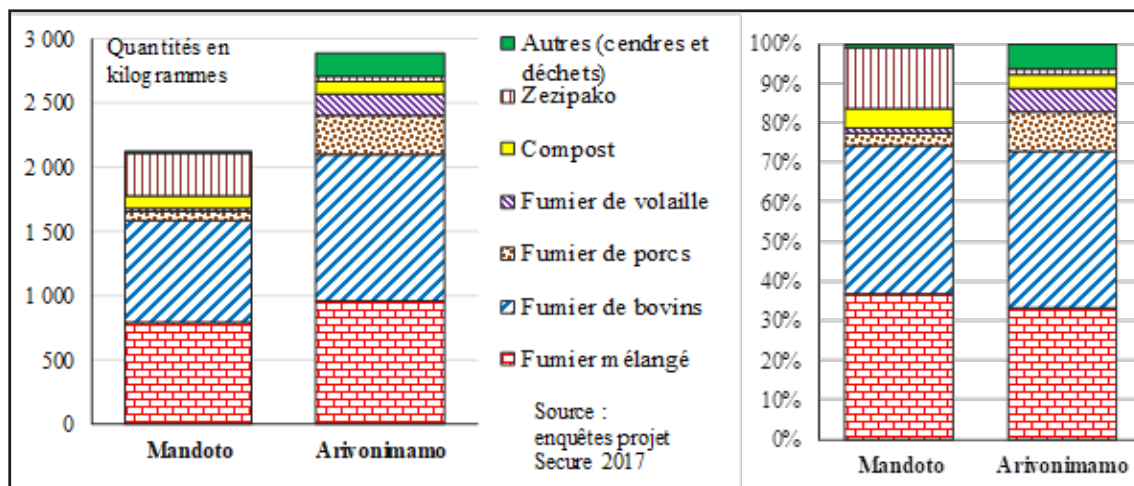
des échanges. La Figure 2, présente la situation moyenne d'une EAF selon la zone. On constate que la quantité de fumure disponible pour les cultures (après entrées et sorties) est en moyenne plus importante que la fumure produite (voir aussi Tableau 6). Ainsi, à Arivonimamo, la fumure disponible passe à 2,9 tonnes par EAF alors que la quantité produite est de l'ordre de 2,2 tonnes. A Mandoto, l'écart n'est pas si important mais reste significatif avec respectivement 2,1 et 1,9 tonnes. Ainsi, on peut déduire de ces données que la stratégie des EAF est d'augmenter la production de fumure organique sur l'EAF (élevage, compost), mais aussi d'augmenter la fumure organique disponible pour fertiliser les parcelles en achetant sur le marché ou en s'approvisionnant à travers

des échanges non marchands. Et cette stratégie est particulièrement dominante à Arivonimamo. Mais ces tendances générales cachent de fortes disparités. Ainsi, les 3 EAF qui n'avaient pas produit de FO en ont obtenu par achat et troc, mais 4 EAF ont cédé toute leur fumure organique. Ainsi, il y a toujours environ 1% de l'échantillon qui n'a pas de FO disponible.

3.2. Quantités disponibles et variabilité

Ainsi, l'EAF moyenne a augmenté sa disponibilité en FO dans les deux zones (Figure 2 et Tableau 6). La composition (Figure 4) a évolué par rapport à la FO produite (Figure 1), et ceci plus particulièrement à Arivonimamo. Dans cette zone la part du fumier mélangé a fortement diminué (passant de 47% à 33%) comme, mais dans une moindre mesure, celle du fumier bovin, et ce sont les fumiers à base de déjections de porcs ou de fiente de volaille qui ont fortement progressé passant de 8% à 16%. On note également la progression du type autre FO qui est passé de 3% à 6%, en lien avec l'acquisition de déchets ou boues urbaines.

Figure 3 : Composition de la quantité moyenne de fumure organique disponible par EAF selon les zones



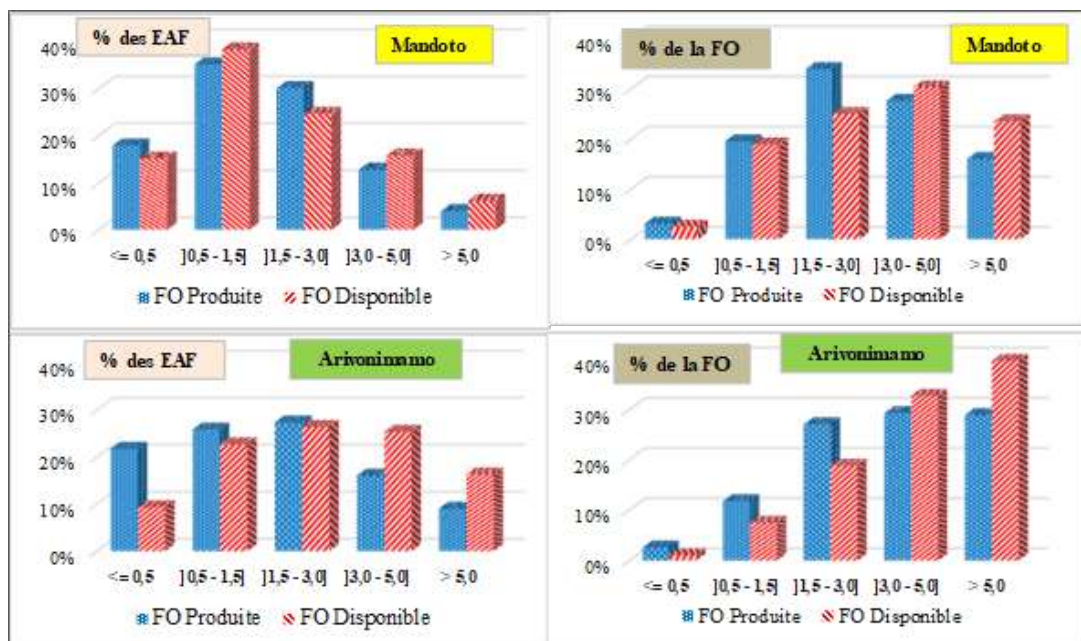


A Mandoto, les changements sont mineurs et concernent la répartition entre fumier mélangé et fumier bovin, ce dernier type progresse au détriment du fumier mélangé. Ceci s'explique par le fait que les échanges, et en particulier monétaires, concernent le fumier de bovin, et peu le fumier mélangé.

Mais, même si on enregistre quelques évolutions, ce sont toujours le fumier de bovin et le fumier mélangé qui sont les fumures organiques les plus importantes car ils représentent plus de 70% des quantités moyennes disponibles au niveau de l'EAF moyenne.

Comme pour la fumure produite, la fumure disponible par EAF est très variable. La variabilité a même augmenté avec des coefficients de variation autour de la moyenne un peu plus élevés pour la FO disponible. Mais le recours au marché et les échanges non marchands ont fait fortement évoluer la répartition de la fumure organique entre les EAF. La Figure 4 illustre ces évolutions contrastées selon les zones.

Figure 4 : Evolution de la répartition des EAF et de la FO selon des classes de quantités de FO produite et disponible en tonnes



A Mandoto, l'évolution n'est pas très importante, les pourcentages d'EAF progressent en même temps que les classes de quantité de FO, mais de manière très modérée. Le recours aux échanges n'entraîne pas de modification spectaculaire dans le profil des graphiques que cela soit pour la répartition des EAF ou pour la répartition de la FO : la part des EAF avec moins 0,5 tonne diminue de 18% à 15% et c'est la classe de 0,5 à 1,5 tonnes qui progresse de 3% ; la part des EAF les mieux pourvues (plus de 5 tonnes) progresse mais très faiblement aussi.

A Arivonimamo, les changements sont beaucoup plus importants. La part des EAF avec moins de 0,5 tonne diminue pour passer de 22% avec la fumure produite à seulement 9% pour la fumure disponible. Ainsi, la plus grande partie des EAF les moins pourvues se sont procurées de la FO sur le marché ou par le troc, car pour les cultures maraichères, il est indispensable d'avoir de la fumure organique. Et ce sont les classes avec de plus grandes quantités de FO qui ont progressé de manière remarquable :



les EAF avec plus de 3 tonnes sont passées de 25% à 42% et la fumure que cumulent ces EAF est passée de 58% à 73%. La progression très forte des EAF les mieux pourvues s'est tout de même traduite par une concentration au niveau de ces EAF.

3.3. Quantité de fumure organique et surface

L'importance de la fumure organique d'une EAF ne peut être appréciée qu'en fonction de la superficie à cultiver qui elle-même dépend de la Surface Agricole Utile disponible par EAF. Celle-ci varie selon la zone, avec environ 1,5 ha à Mandoto et 0,9 ha à Arivonimamo.

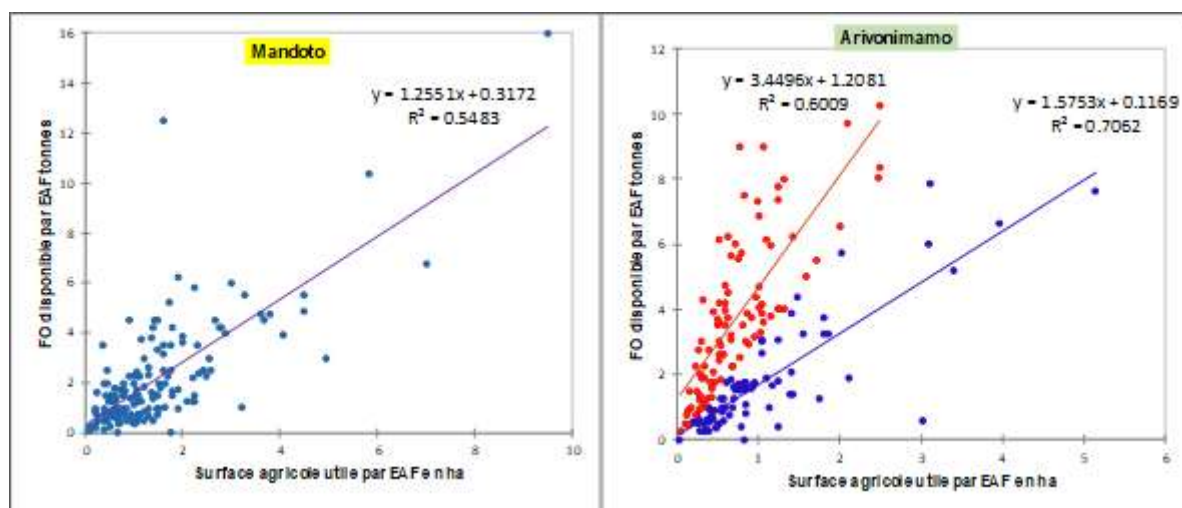
Tableau 6 : Superficie et quantités moyennes par EAF

Variables par EAF	Mandoto		Arivonimamo	
	Moyenne	CV	Moyenne	CV
SAU (ha)	1.48	88%	0.91	82%
FO produite (tonne)	1.87	90%	2.18	92%
FO disponible (tonne)	2.13	102%	2.90	78%
FO disponible (tonne/ha)	1.69	84%	3.67	66%

Quand on ramène la quantité de fumure organique disponible par ha de SAU, la zone Arivonimamo apparaît nettement mieux pourvue avec près de 3,5 t /ha de SAU alors qu'à Mandoto où les EAF ont moins de FO disponible et plus de surface, la moyenne est de 2,1 tonne/ha.

La quantité de fumure disponible est en relation linéaire avec la SAU, les coefficients de corrélation entre ces deux variables sont relativement élevés, avec +0,76 à Mandoto et +0,59 à Arivonimamo et significatifs à 0,01. Dans les deux zones, ces coefficients sont supérieurs à ceux qui lient les variables de cheptel (nombre de bovins, et valeur totale du cheptel) et les variables de SAU, ainsi on peut en déduire que cette relation entre quantité de FO et surface n'est pas seulement fonction des animaux disponibles mais bien d'une stratégie des EAF, une « stratégie de construction de la fertilité » des sols (N'Diénor et al, 2011).

Figure 5 : Nuages de points entre SAU et FO disponible pour chaque zone





Les graphiques en nuage de points mettent en évidence cette relation. Les coefficients R^2 ne sont pas très élevés, ce qui signifie que la SAU disponible à elle seule n'explique pas très bien la variabilité observée. A Mandoto, il y a quelques points atypiques (par exemple un producteur avec une superficie assez faible et beaucoup de fumure parce que le cheptel est important), mais la régression semble représenter assez bien la situation : la FO disponible est égale à 1.25 fois la SAU + 0.3 tonnes.

A Arivonimamo, la répartition des points est assez atypique et il semble exister deux groupes de producteurs avec des stratégies différentes : le premier, en rouge dans le graphique, vise une quantité importante de FO par unité de surface (3,5 fois la superficie plus 1,25 tonnes), alors que le second se rapproche de la situation de Mandoto et semble rechercher une quantité de FO qui représente 1,5 fois la SAU + 0,1 tonne.

Pour expliquer ces différences entre les deux groupes, il faut rechercher du côté des cultures pratiquées avec pour le premier groupe des surfaces en cultures maraichères plus importantes et avec pour le second un assolement beaucoup plus traditionnel (ces aspects seront analysés dans le prochain article).

Ces quantités moyennes semblent cependant insuffisantes pour renouveler la fertilité des sols cultivés, car selon les travaux de P. Garin, menés il est vrai dans la zone du Lac Alaotra, il faudrait 4 tonnes/ha/an en moyenne de fumier pailleux nécessaire (Garin 1998, cité par Dubois, 2004) pour restituer au sol la bonne quantité de matière organique contrebalançant la minéralisation de la matière organique due aux cultures.

Mais nombre de producteurs, notamment dans la zone d'Arivonimamo, ajoutent à la fumure organique, des engrais minéraux. Ce point sera traité dans le prochain numéro de JAE avec un article sur les stratégies d'utilisation de la fumure organique et minérale.

3.4. La qualité fertilisante des fumiers

Dans le cadre du même projet de recherche Secure, des échantillons de fumures organiques destinées à la culture de riz pluvial ont été prélevés dans 40 fermes de référence (20 dans chacune des zones) pour la campagne culturale 2018-2019. Une quantité d'environ 700 cm³ a été prélevée sur les parcelles, au moment de la mise en place de la culture du riz. Ces échantillons ont été analysés et les résultats donnent une indication de la qualité moyenne des fumiers produits et utilisés dans les zones.

Tableau 3 : Qualité des fumiers utilisés (en % de la matière sèche)

Zone	pH	%N	%P	%K
Mandoto	8,6	1,1	0,3	1,8
Arivonimamo	8,2	1,0	0,7	1,3

Avec des pH supérieurs à 8, les fumiers permettent de corriger l'acidité des sols (qui ont souvent des pH de départ autour de 5) par leur pouvoir alcalinisant et d'améliorer dans la durée les sols pour les rendre plus favorables aux cultures exigeantes comme le maïs, le soja, le haricot, les cultures maraichères, etc.

La qualité selon les trois principaux éléments (N=Azote, P=Phosphore et K=Potassium) peut être ainsi commentée :

- N : les teneurs moyennes en azote sont plutôt faibles dans les 2 zones mettant en lumière la nécessité de mieux conserver cet élément très mobile, par dallage, couverture, rajout de pailles de riz ou de fanes de légumineuse pour stockage de l'urine. Toutes les plantes ont besoin d'azote ;
- P : une teneur en phosphore nettement plus élevée à Arivonimamo en raison d'associations de déjections à base de volaille et de porc (dont une partie est achetée, voir infra). Mais, ces teneurs sont faibles alors que l'insuffisance des sols en phosphore est très souvent un des principaux facteurs limitant pour les cultures.





La FO, avec ses faibles teneurs en P, est, de manière générale, insuffisante pour lever ce facteur limitant ;

- K: les teneurs en potassium sont relativement élevées dans les deux zones par concentration des pailles, par l'ajout de cendres de balles de riz ou de balles de riz en l'état. Le potassium est important notamment pour les cultures fruitières et maraîchères.

Pour apprécier la qualité en terme de nutrition des plantes, on peut comparer les apports du fumier à ceux d'un engrais NPK 11/22/16 (utilisé couramment dans la région). Le fumier moyen entre les deux régions a des teneurs que l'on peut arrondir à 1%N, 0,5%P, 1,5%K en matière sèche (MS), ainsi, en faisant simplement le rapport avec les % des analyses, 1 kilogramme d'engrais équivaut pour N à 11 kg/fumier MS, pour P à 44 kg/fumier MS et pour K à 11 kg/fumier MS.

Pour se rapprocher des pratiques paysannes, il faut faire la comparaison avec des matières fraîches et en unité traditionnelle. Les équivalences utilisées sont les suivantes : le poids en MS équivaut à 50% du poids en matière fraîche ; une charrette de fumure organique pèse¹ 250 kg. Ainsi, une charrette de fumier de faible qualité équivaut pour N à 11 kg, pour P à 3 kg, et pour K à 12 kg de l'engrais NPK (11/22/16) utilisé pour la comparaison.

Si on fait la comparaison en termes de prix avec le kilogramme d'engrais à 2 200 Ar/kg (prix de 2019) et une charrette à 10 000 Ar, l'unité fertilisante coûte avec l'engrais environ 4 500 Ar et 2 700 Ar avec la charrette de fumier. Ainsi, l'apport de FO est nettement plus intéressant sur le plan économique et ceci d'autant plus que la fumure est autoproduit valorisant ainsi l'élevage

¹ Comme déjà indiqué, le poids de la charrette varie fortement selon le volume de remplissage et la qualité du fumier. Avec du fumier de bonne qualité, une charrette peut peser 400 kg, voire plus, mais avec du fumier de mauvaise qualité ou du zézi-pako, le poids peut descendre nettement en dessous des 250 kg. Pour prendre en compte l'ensemble des types de fumure organique, nous avons adopté le poids moyen de 250 kg/charrette (notamment en référence à Saint-André et al, 2016).

et/ou le travail familial. Cet amendement a aussi de nombreuses autres qualités, que n'a pas l'apport d'engrais minéraux, avec des effets sur la structure et la faune du sol, l'apport d'éléments fertilisants secondaires et des utilisations agronomiques intéressantes (par exemple pour améliorer la levée des cultures).

Ces calculs ont été faits avec des références moyennes plutôt défavorables à la FO (notamment le poids de la charrette), or les possibilités d'amélioration de la qualité et de la quantité du fumier produit sont nombreuses (Salgado et Tillard, 2012), avec des effets positifs sur la productivité de la terre et du travail (Marline, 2015²). Dans le cadre des fermes de référence, sur les deux zones, des agriculteurs appuyés par les ONG faisant la promotion de l'agroécologie se sont engagés dans un processus d'amélioration des fumures organiques et peuvent être des référents pour la diffusion des techniques.

4. Conclusions et implications pour le développement

La fumure organique disponible dans une LEAF est fonction des quantités produites (en moyenne 2,17 tonnes par EAF à Arivonimamo et 1,87 tonnes dans le MO du Vakinankaratra), en lien avec les animaux d'élevage et les pratiques de compostage. Mais pas seulement, car le recours au marché ou au échanges non marchands font évoluer de manière significative à la fois les quantités disponibles par EAF mais aussi la qualité et la répartition entre les EAF. La FO moyenne disponible est de 2,9 tonnes par EAF à Arivonimamo et 2,1 tonnes dans le MO du Vakinankaratra. Ramenée à la SAU, la quantité de FO disponible est 3,67 tonnes par ha à Arivonimamo et 1,69 t/ha à Mandoto.

² Après avoir enquêté trente exploitations agricoles de la région Vakinankaratra, Marline conclut que « l'adoption des pratiques d'amélioration de la qualité du fumier ne se traduit pas par une augmentation significative du coût de production du fumier, notamment en raison des économies d'échelle dans la fabrication du fumier de qualité. En utilisant les résultats des expérimentations de BIOVA, l'épandage du fumier amélioré sur les parcelles augmenterait la productivité agricole de la terre de 2,7% et la productivité globale du travail de 2,3% » (Marline, 2015).



Les produits ajoutés au fumier sont nombreux et la production de compost traditionnel ou « moderne » est répandue.

Ainsi, que cela soit en termes de pourcentage d'EAF intéressées ou en termes de motivation, il y a, dans ces deux zones, une base solide de pratiques et de connaissances paysannes sur laquelle peut s'appuyer la vulgarisation de l'amélioration de la quantité et de la qualité du fumier et la production de compost.

La recherche a commencé à analyser la diversité de ces pratiques et leurs effets sur la production. Un grand nombre de matières premières végétales et animales sont recyclées et les premiers résultats montrent d'importantes synergies entre elles, avec des associations courantes avec les engrais.

La thématique de la fertilisation organique est importante pour les agriculteurs de ces zones. Parmi différentes pratiques agroécologiques, l'utilisation des FO est assez généralisée, et les agriculteurs adoptent via ces pratiques des stratégies de gestion de la fertilité (cf paragraphe 3.3). Dans cette optique, les accompagnements et renforcements de la part des acteurs du développement rural nous semblent très pertinents en matière d'augmentation en quantité et en qualité. Les références d'amélioration existent déjà (Salgado et Tillard, 2012, Rasolofo et al, 2018). Des plantes améliorantes peuvent être également utilisées à l'échelle des EAF ou du territoire. On peut citer les plantes répulsives qui améliorent les FO dans la lutte contre les insectes (cf références du GSDM), les *Tithonia* qui apportent une quantité significativement importante de K comparés à différents types de fumiers (Olabode et al., 2007), etc.

L'étude révèle également que l'utilisation des fumiers mélangés provenant de plusieurs espèces d'animaux d'élevage est une pratique courante des agriculteurs dans les deux zones. L'amélioration des conduites d'élevage dont l'alimentation, la santé ou l'habitat pourrait ainsi être une autre façon de rehausser la qualité fertilisante des FO encore considérée comme faible. L'amélioration

dans ce cas devrait concerner de plus en plus les animaux à cycle court tels que les volailles et/ou les porcs. En fait, c'est parce que l'élevage bovin est menacé par les vols alors que les EAF ont toutes au moins des volailles au sein de leur exploitation.

Les agriculteurs savent que la fumure organique est la base pour une bonne gestion de la fertilité des sols, qu'elle permet d'améliorer l'efficacité des engrais apportés, et qu'elle peut aussi jouer un rôle de levée de certaines déficiences. De nouveaux enjeux apparaissent comme pour le compost avec la disponibilité en matières premières végétales et un besoin de référentiel technico-économique pour faire évoluer la production de zézi-pako vers un compost avec plus de qualités fertilisantes.





BIBLIOGRAPHIE

Alvarez S., 2012. Pratiques de gestion de la biomasse au sein des exploitations familiales d'agriculture-élevage des hauts plateaux de Madagascar : conséquences sur la durabilité des systèmes. SupAgro, Montpellier, 266 p.

Andriambelomanga E., Ratsivalaka S., Andriamampianina N., Randriamboavonjy J.-C. et Andriamihamina M., 2017. Amélioration de la productivité des sols cultivés des collines du bassin versant de Maniandro (Madagascar). In : Restauration de la productivité des sols tropicaux et méditerranéens : Contribution à l'agroécologie [en ligne]. Marseille IRD Éditions. (généré le 22 février 2020). Disponible sur Internet : <http://books.openedition.org/irdeditions/24486>.

Dubois C., 2004. Gestion des ressources pastorales et pratiques d'alimentation des bovins dans les bassins versants d'Imamba-Ivakaka (Lac Alaotra, Madagascar). Ecole Nationale Vétérinaire de Lyon, Université Claude-Bernard - Lyon I, Lyon, 116 p.

Marline H., 2015. Impacts socio-économiques de l'amélioration de la qualité fertilisante du fumier sur la productivité des exploitations agricoles suivies par le projet BIOVA. Mémoire de fin d'étude, Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques, Université d'Antananarivo, Antananarivo, 128 p.

N'Diéné M., Aubry C. et Rabeharisoa L., 2011. Stratégies de construction de la fertilité des terres par les agriculteurs dans les systèmes maraîchers périurbains d'Antananarivo (Madagascar). Cahiers Agricultures, Vol. 20 No 4 (2011) doi:<https://doi.org/10.1684/agr.2011.0497>.

Olabode, O. S. ; Sola, O. ; Akanbi, W. B. ; Adesina, G. O. ; Babajide, P. A., 2007. Evaluation of *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A Gray for soil improvement. World J. Agric. Sci., 3 (4): 503-507

Rasolofo L. I., 2017. Impact des innovations agroécologiques sur les flux de carbone et d'azote des cultures pluviales. Cas des Hautes Terres de Madagascar. Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques Ecole doctorale A2E Agriculture - Elevage - Environnement, Université d'Antananarivo, Antananarivo, 161 p.

Rasolofo L.I., Dusserre J., Salgado P., Razafimbelo-Andriamifidy T., Naudin K. 2018. Impacts des innovations agro?écologiques sur le rendement en grain des cultures pluviales. Akon?ny Ala - Bulletin du Département des Eaux et Forêts de l'ESSA (34) : p. 13-26. <https://essaforets.wordpress.com/akonny-ala-le-journal-forestier-malgache/>

Ravonjariason N., Penot E., Albrecht A. et Razafimbelo T., 2018. Savoirs locaux et stratégies paysannes autour de la fertilité des sols au lac Alaotra, Madagascar. Etude et Gestion des Sols, 25 (1): 29-41.

Rollin D., 1994. Des rizières aux paysages : éléments pour une gestion de la fertilité dans les exploitations agricoles du Vakinankaratra et du Betsileo Nord (Madagascar). Thèse de géographie, département de géographie, université de Paris X Nanterre, 323 p.

Saint-André F., Dugué P., Penot E. et le Gal P.-Y., 2016. Les relations agriculture-élevage dans les exploitations agricoles adoptant ou expérimentant les techniques d'agriculture de conservation: le cas de la région du Lac Alaotra (Madagascar). In Processus d'innovation et résilience des exploitations agricoles à Madagascar. Penot, E. Ed., Paris, France, L'Harmattan, pp. 101-128.

Salgado P. et Tillard E., 2012. Conservation des ressources fertilisantes dans les systèmes d'élevage des pays du Sud : des pratiques paysannes en évolution. Fiche technique. CIRAD. Montpellier 2 p. https://agritrop.cirad.fr/568667/1/document_568667.pdf

